

Научная статья

DOI: 10.15593/24111678/2023.03.04

УДК 691.163

Н.И. Шестаков¹, К.Л. Чертес², В.Е. Розина³, А.К. Комаров³¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Российская Федерация²Самарский государственный технический университет, Самара, Российская Федерация³Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПОЛИМЕРАСФАЛЬТОБЕТОНА

В настоящее время достаточно большие затраты идут не только на возведение и эксплуатацию новых дорог, но и на восстановление существующих, причём затраты, связанные с ремонтом, растут в связи с их потерей эксплуатационных свойств, раньше гарантийных сроков. Решение этой проблемы заключается в усовершенствовании дорожного покрытия, внедрении инновационных материалов, а также новых и эффективных технологий. Рассматривается возможность совместного применения полистирола, его блок-сополимеров и трансформаторного масла для получения полимерасфальтобетона. Установлены параметры изменения свойств битума при введении в его состав различных полимеров и их количества. При введении исследуемых добавок происходит расширение интервала пластичности битума, что косвенно свидетельствует об изменении в дальнейшем его эксплуатационных свойств. Выявлено, что введение полистирола совместно с пластификатором в виде трансформаторного масла расширяет температурный диапазон эксплуатации, что ведет к повышению физико-механических и гидрофизических свойств полимерасфальтобетона. Изучены зависимости влияния состава и количества полимерных материалов на физико-механические и эксплуатационные свойства асфальтобетона на основе модифицированных вяжущих. Установлено, что оптимальное количество пластификатора и полимеров составляет 10 и 3,5 % от массы битума. Разработаны составы и определены основные свойства полимерасфальтобетонов с применением различных полимеров и разного их количества. Экспериментально определено, что введение молотого полистирола совместно с пластификатором приводит к улучшению прочности асфальтобетона при 20 и 50 °С, увеличению водостойкости и сдвигоустойчивости. Полученные характеристики физико-механических свойств полимерасфальтобетонов указывают на перспективы работы с такими материалами, что положительно сказывается на эффективности дорожного строительства и увеличения долговечности дорожных покрытий.

Ключевые слова: полимерасфальтобетон, трансформаторное масло, пластификатор, полимербитумное вяжущее, стирол-бутадиен-стирол, битумные композиции, водостойкость.

N.I. Shestakov¹, K.L. Chertes², V.E. Rozina³, A.K. Komarov³¹National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation²Samara State Technical University, Samara, Russian Federation³Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

THE POSSIBILITY OF USING ALTERNATIVE COMPONENTS OF POLYMER ASPHALT CONCRETE

Currently, significant expenses are being incurred not only for the construction and operation of new roads, but also for the restoration of existing ones, with repair costs increasing due to premature failure. The solution to this transportation issue can only be achieved through the complete improvement of road surfaces, the introduction of innovative materials, and new technologies. This study examines the possibility of using polystyrene and its block copolymers with transformer oil to produce polymer asphalt concrete. Changes in the properties of bitumen were observed upon introducing different polymers and their quantities. The addition of polymers resulted in an expansion of the bitumen's plasticity range, indicating a change in its operational properties. It was found that the use of polystyrene in combination with a plasticizer expands the temperature range of operation, leading to improved physical-mechanical and hydro-physical properties of polymer asphalt concrete. The influence of polymer material composition and quantity on the physical-mechanical and operational properties of asphalt concrete based on modified binders was studied. The optimal amount of plasticizer and polymers was found to be 10 % and 3.5 % by weight of bitumen, respectively. Compositions were developed and the main properties of polymer asphalt concrete

using different polymers and their quantities were determined. It was found that the addition of ground polystyrene in combination with a plasticizer leads to improved strength of asphalt concrete at 20 and 50 °C, increased water resistance, and shear resistance. The obtained characteristics of physical-mechanical properties of polymer asphalt concrete indicate the prospects for working with such materials, which positively affects the efficiency of road construction.

Keywords: polymer asphalt concrete, transformer oil, plasticizer, polymer bitumen binder, styrene-butadiene-styrene, bituminous compositions, water resistance.

Любое покрытие дорог должно удовлетворять максимальному сопротивлению усталостным разрушениям и, кроме того, иметь устойчивость к перепадам температур суточных и сезонных периодов. Перспективным направлением, позволяющим решить данные задачи, является использование битумов вместе с полимерами пластификаторами – полимербитумных вяжущих (далее ПБВ). Средняя цена ПБВ на сегодняшний день выше битума на 60–65 %, но в составе дорожного полотна доля битума – всего около 6 %, и расчёты подтверждают, что повышение стоимости возведения 1 км дорожной одежды составляет не более 1 % [1–4]. С учетом увеличения срока эксплуатации дороги в среднем в два раза применение ПБВ вполне экономически обосновано. Таким образом, актуальной задачей является разработка технологии производства полимерасфальтобетона на основе полимербитумного вяжущего, полученного с добавлением молотого полистирола и трансформаторного масла-отработки.

Важнейшим преимуществом полимербитумного вяжущего является возможность регулировать его свойства за счет соотношения содержания двух модифицирующих компонентов: полимера и пластификатора, что создает новый качественный материал, пригодный для использования практически в любых климатических зонах для разных условий движения [5–7]. Одними из самых популярных модификаторов являются термоэластопласты типа СБС: Kraton D (фирмы KratonPolimers), Calprene (фирмы Dynasol), а так же их аналоги. Совместно с ними широко используются синтетические латексы серии Butonal NS (фирмы BASF) и терполимеры серии Elvaloy (фирмы DuPont). Такого вида компоненты уменьшают восприимчивость битумов к колебаниям температуры, увеличивают когезионную прочность и термостойкость вяжущих, обеспечивают их эластичность и, кроме того, улучшают их свойства при пониженных температурах [8]. Традиционная в Российской Федерации тенденция – уменьшение затрат для модификации дорожных битумов дорогими полимерами – диктует необходимость более глубокого исследования битумополимерных вяжущих [9; 10]. При этом особый научный и практический интерес представляют БПВ, изготавливаемые на битумах различных марок. Разрабатывая составы ПБВ, очень важно тщательно выбирать системы «битум – полимер – пластификатор» из-за вероятности их несовместимости. В другом случае – с помощью специальных приемов уменьшать их конкурирующие между собой способности.

Известно [11–13], что к полимерам необходимо предъявить некоторые определенные требования, которые обуславливают эффективность их использования для улучшения свойств битумов. Так, надмолекулярные структуры полимера должны обладать высокой склонностью к ассоциации и способностью вовлекать максимально больший объём дисперсионной среды битумного вяжущего. Также применяемый полимер должен быстро и хорошо распределяться в дисперсионной среде битума с сохранением своей структуры, а также формировать в битуме такую пространственную структуру, которая сохраняет прочность при повышенных и эластичность при пониженных температурах [14; 15]. Немаловажное значение для рационального применения имеет доступность полимера и его стоимость. Поэтому весьма актуальным является изучение вопроса применения такого распространенного и общедоступного полимера, как полистирол, и масла-отработки трансформаторных установок в качестве пластификатора.

Структура поверхностей рассматриваемых полимерных добавок представлена на рис. 1–3.

Поверхность бисерного стирола выражена четкими сферическими и малопористыми агрегатами. Такие поверхности обычно бывают малоактивны к сорбционным процессам с органическими веществами, а адгезионные силы способны формироваться лишь из условий хемосорбционных возможностей поверхности полимера. Поэтому для обеспечения условий образо-

вания однородного вяжущего важно сменить тип поверхности или же ее дисперсность. В экспериментальных исследованиях с расплавом битума полимер будет активнее, что приведет к повышению гомогенности вяжущего и, как следствие, качественных характеристик полученного ПБВ. Для последующей работы с полимером было произведено его измельчение на лабораторном виброистирателе ВИ-4х350. Структура поверхности представлена на рис. 3.

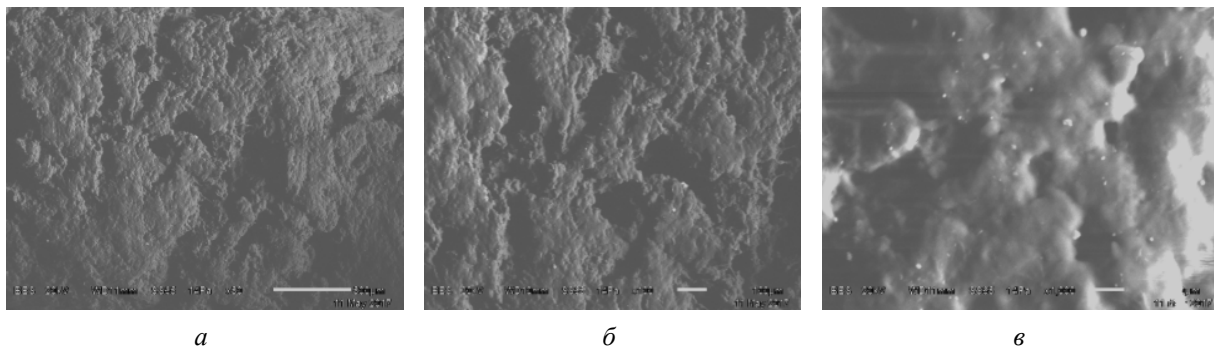


Рис. 1. Структура поверхности стирол-бутадиен-стирола SBS:
а – увеличение x50; *б* – увеличение x100; *в* – увеличение x1000

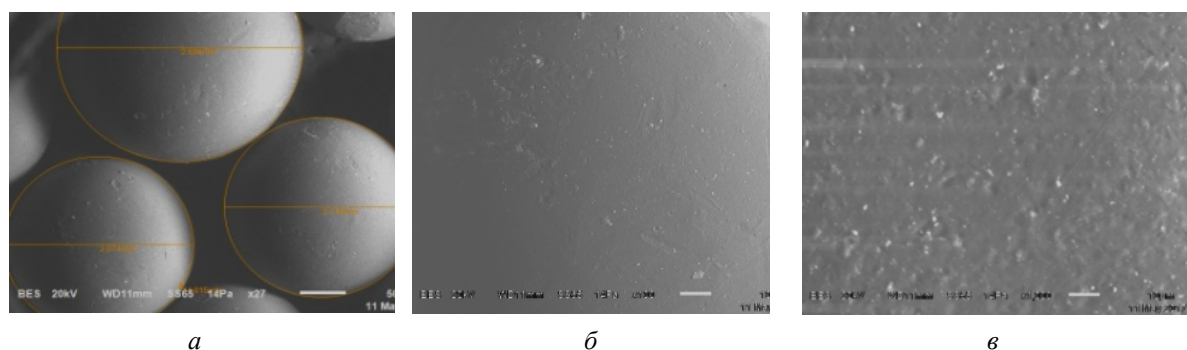


Рис. 2. Структура поверхности бисерного стирола до помола:
а – увеличение x50; *б* – увеличение x100; *в* – увеличение x1000

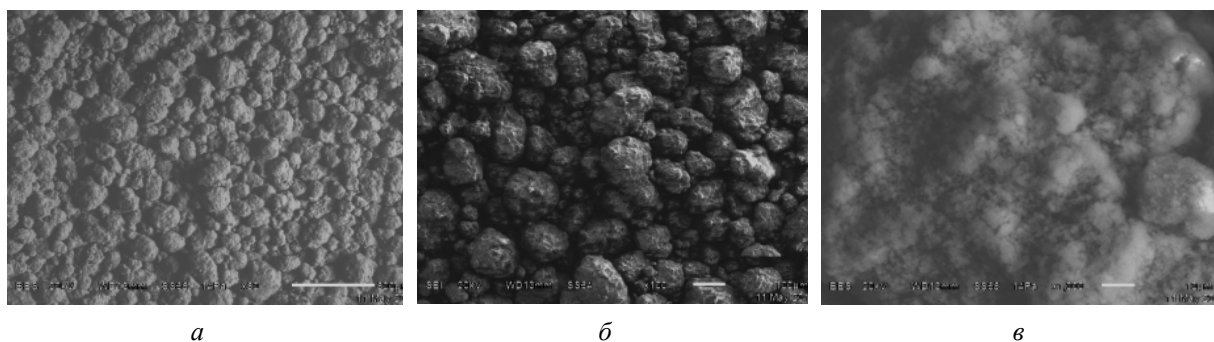


Рис. 3. Структура поверхности молотого стирола:
а – увеличение x50; *б* – увеличение x100; *в* – увеличение x1000

Пластифицирующая добавка является обязательным компонентом ПБВ, так как при введении полимеров в количестве более 3–5 % вязкость получаемого вяжущего становится существенно выше вязкости битумов. В свою очередь, такие реологические изменения негативно отражаются на технологических процессах при изготовлении асфальтобетонных составов на асфальтобетонных заводах. Введение пластифицирующей добавки позволяет обеспечить необходимый температурный режим и существенно увеличить эффективность добавляемого поли-

мера. В результате этого получается достигнуть производство ПБВ с развитой пространственной структурной структурой при содержании полимера 2–2,5 %.

Для I дорожно-климатической зоны подбор состава экспериментальных образцов полимерасфальтобетонной смеси производили по постоянной гранулометрии зернового состава, согласно требованиям ГОСТ 9128-2013 «Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия». Изготовление и испытания полимерасфальтобетонных эталонов производили согласно ГОСТ 12801-98 «Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства».

ПБВ является трехкомпонентной системой, поэтому изменение качества одного из компонентов неизбежно приводит к изменению качества самого ПБВ. Для определения изменения свойств ПБВ с разным составом полимера и пластификатора на первом этапе исследовались пенетрация и температура размягчения исходного битума и полученных ПБВ разного состава. Варианты составов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Компонентные варианты составов ПБВ на основе битума БНД 100/130

№ состава	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Полистирол, %	2	3,5	5	–	–	–	2	3,5	5	–	–	–	2	3,5	5	–	–	–
Стирол-бутадиен-стирол, %	–	–	–	2	3,5	5	–	–	–	2	3,5	5	–	–	–	2	3,5	5
Трансформаторное масло, %	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15

Пенетрация битума при температуре 25 °С (рис. 4 и 5) описывает пластичность и вязкость вяжущего, его технологические свойства и косвенно моделирует свойства материала в процессе его укладки и укатки. Пластичность полученного композиционного вяжущего увеличивается с повышением концентрации пластификатора, однако при увеличении концентрации полимера это свойство частично нивелируется. Следует заметить, что при содержании индустриального масла в ПБВ менее 5 %, а тем более без него, пластичность ПБВ сильно уменьшается (от 110 единиц до 70), поэтому при малой концентрации пластификатора в ПБВ нужно ожидать скачкообразного ухудшения технологических свойств полимерасфальтобетонных смесей, что отразится на уменьшении выработки труда на АБЗ при их приготовлении.

Температура размягчения является одним из важных эксплуатационных показателей и характеризует теплостойкость битумов и их переход из упругопластического реологического состояния в вязкое, когда отсутствует жесткая пространственная структура сетки в вяжущем. Результаты определения температуры размягчения полученных ПБВ представлены на рис. 6 и 7.

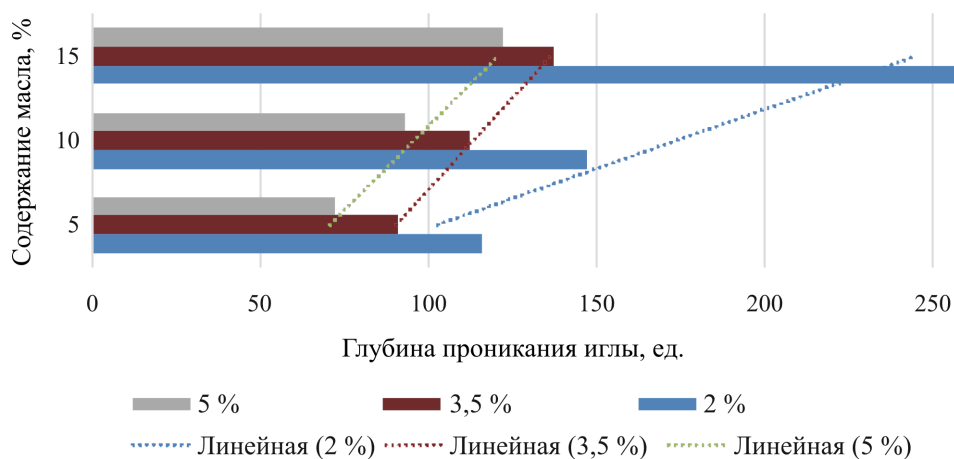


Рис. 4. Пенетрация битумных композиций при различном содержании стирол-бутадиен-стирола

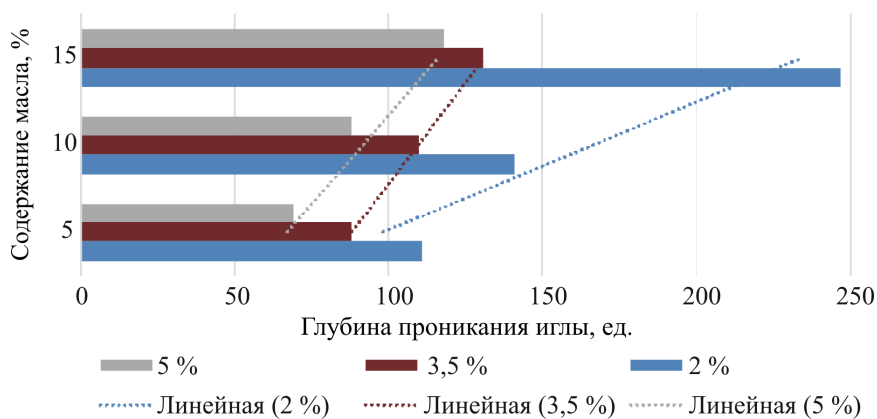


Рис. 5. Пенетрация битумных композиций при различном содержании стирола

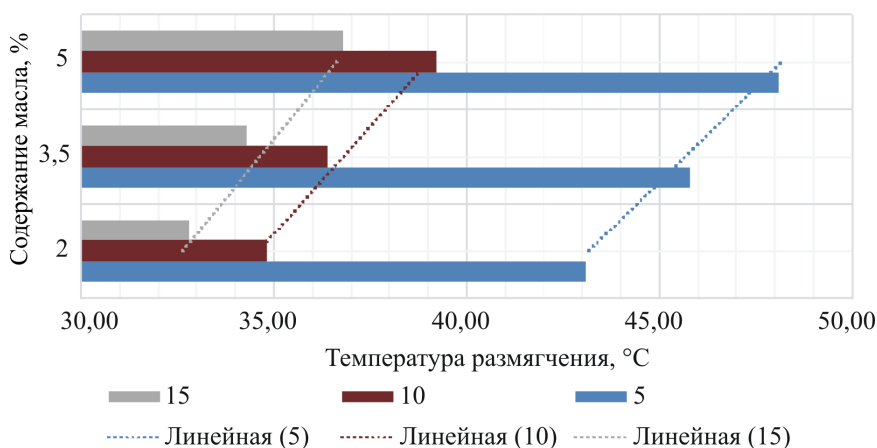


Рис. 6. Температура размягчения битумных композиций при различном содержании стирол-бутадиен-стирола

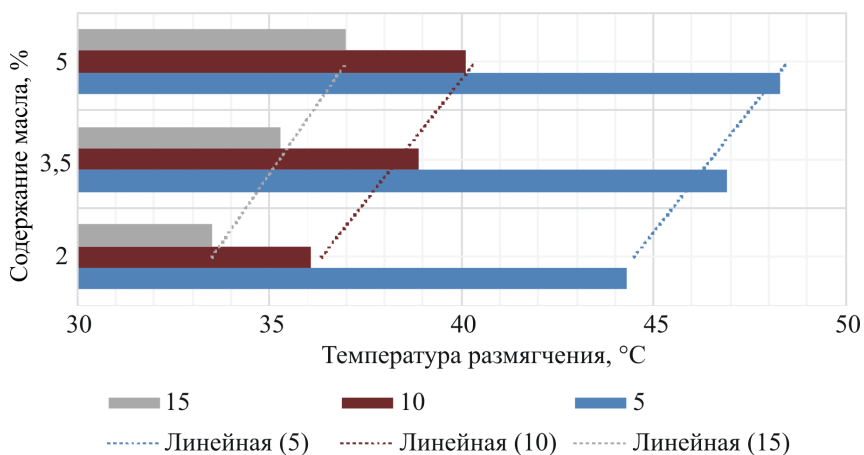


Рис. 7. Температура размягчения битумных композиций при различном содержании стирола

По полученным результатам установлено, что при добавлении в битум полистирола в количестве до 2 % температура размягчения изменяется с возрастанием содержания пластификатора абсолютно так же, как и при добавлении в битум стирол-бутадиен-стирола. По результатам проведенных экспериментальных исследований определено, что введение полимеров и пластификаторов существенно влияет на технологические свойства и состав битума. Такие изменения оказывают влияние на физико-механические и эксплуатационные свойства полимерасфальтобетонов. Результаты определения основных свойств полученных полимерасфальтобетонов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Основные и гидрофизические свойства полимерасфальтобетона на основе различных полимеров и 10 % пластификатора

Показатель	Состав вяжущего						
	БНД 100/130 исходный	Полистирол, мас. %			Стирол-бутадиен-стирол, мас. %		
		2	3,5	5	2	3,5	5
Пористость минерального остова, %	19,8	19,6	19,0	18,7	19,3	19,1	18,8
Остаточная пористость, %	4,01	3,69	3,57	3,40	3,66	3,61	3,38
Водонасыщение, %	2,79	2,11	1,97	1,92	2,08	2,01	1,98
Набухание, %	3,56	3,41	3,40	3,11	3,50	3,21	3,07
Коэффициент водостойкости	0,95	0,96	0,98	1,01	0,96	0,96	0,99

По результатам полученных данных установлено, что введение полимера и пластификатора положительно сказывается на гидрофизических свойствах полученных полимерасфальтобетонах. Основное требование, предъявляемое к полимерасфальтобетонам, – это высокие структурно-механические характеристики, которые определяют их долговечность и надежную работу в дорожной конструкции (табл. 3).

Таблица 3

Прочностные характеристики полученных полимерасфальтобетонов

Предел прочности при сжатии, МПа	Состав вяжущего						
	БНД 100/130 исходный	Полистирол, мас. %			Стирол-бутадиен-стирол, мас. %		
		2	3,5	5	2	3,5	5
При $t=50\text{ }^{\circ}\text{C}$	1,0	1,1	1,3	1,3	1,1	1,2	1,3
При $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$	2,4	2,6	2,8	3,0	2,8	2,9	3,2
При $t=0\text{ }^{\circ}\text{C}$	7,4	7,6	7,7	7,9	7,8	7,8	7,6

Анализируя полученные экспериментальные результаты, установлено, что прочностные характеристики полученного полимерасфальтобетона во всем диапазоне температур (от 0 до 50 °С) соответствуют требованиям нормативных документов, а при некоторых концентрациях наблюдается их увеличение.

Таким образом, применение полимера и пластификатора значительно изменяет физико-механические свойства полученных ПБВ, увеличивая температурный режим работоспособности вяжущего, работу адгезии битума к минеральному материалу. Содержание полимера и пластификатора, равное 3,5 и 10 % соответственно, следует считать оптимальным количеством при получении ПБВ. Разработанные составы полимерасфальтобетонов с применением различных полимеров и разного их количества являются весьма эффективными, а введение молотого полистирола совместно с пластификатором приводит к улучшению прочности асфальтобетона при 20 и 50 °С, к увеличению водостойкости и сдвигоустойчивости.

Список литературы

1. Гохман Л.М. Обоснование нормативных требований к полимерасфальтобетону по ГОСТ 9128-2013 // Вестник ХНАДУ. – 2017. – № 79. – С. 22–27.
2. Балабанов В.Б., Романовская А.В., Климентьева И.М. Полимерно-битумные вяжущие, пластифицированные отработанными автомобильными маслами // Вестник ИрГТУ. – 2013. – № 6 (77). – С.72–76.
3. Khedr K. H., El-Shafie A. E., Abdel-Wahab M. S. Polymer-modified asphalt binders: A review of their properties and applications in pavement engineering // Construction and Building Materials. – 2007. – No. 21 (1). – P. 66–72.

4. Покровский А.В. Краткий обзор опыта применения литых полимерасфальтобетонов на искусственных сооружениях в северо-западном регионе РФ // *Науковедение*. – 2014. – № 5 (24).
5. Бутадиен- α -метилстирольный сополимер – модифицирующая добавка в составе дорожного битума / Р.Р. Ахунова, Р.З. Биглова, М.А. Цадкин, Р.Ф. Талипов, А.Г. Мустафин // *Вестник Башкирск. ун-та*. – 2012. – № 3. – С. 1262–1266.
6. Лебедева К.Ю. Исследования физико-механических характеристик битумно-резиновых композиционных вяжущих // *JSRP*. – 2013. – № 2. – С. 148–156.
7. Модификация дорожных битумов каучуком / Н.Р. Муллахметов, А.Ф. Кемалов, Р.А. Кемалов, Р.Н. Костромин // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2010. – № 7. – С. 469–470.
8. Дошлов О.И., Спешилов Е.Г. Полимерно-битумное вяжущее – высокотехнологичная основа для асфальта нового поколения // *Вестник ИрГТУ*. – 2013. – № 6 (77). – С. 140–144.
9. Гохман Л.М. Перспективы применения полимерасфальтобетона // *Автомобильные дороги*. – 2021. – № 1 (1070). – С. 90–93.
10. Газизов К. И., Макаров Д. Б. Полимерасфальтобетоны с применением нефтяных дорожных битумов, модифицированных смесевыми термоэластопластами // *Полимеры в строительстве: научный интернет-журнал*. – 2017. – № 1 (5). – С. 18–25.
11. Шеховцова С.Ю., Высоцкая М.А. Влияние углеродных нанотрубок на свойства ПБВ и асфальтобетона // *Вестник МГСУ*. – 2015. – № 11. – С. 110–119.
12. Хафизов Э.Р., Фомин А.Ю. Применение полимерасфальтобетонных покрытий на автомобильных дорогах Республики Татарстан // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. – 2015. – № 4 (34). – С. 312–316.
13. Kamal M.A., Hossain A.M., Karim M.R. Polymer-modified asphalt binder and its effect on mixture properties // *Polymers*. – 2023. – No. 15 (3). – P. 749. DOI: 10.3390/polym15030749
14. Wang F., Li X., Zhang Y. Effect of polymer modification on the performance of asphalt concrete // *Magazine of Civil Engineering*. – 2019. – No. 7 (91). – P. 98–111.
15. Chong J.R., Lee K.W. Evaluation of polymer-modified asphalt mixtures with recycled materials // *Civil engineering applications*. – 2021. – P. 297–481. DOI: 10.1016/B978-0-12-820685-0.00015-6.

References

1. Gohman L.M. Obosnovanie normativnykh trebovaniy k polimerasfal'tobetonu po GOST 9128-2013 [Substantiation of regulatory requirements for polymer asphalt concrete according to GOST 9128-2013]. *Vestnik HNADU*, 2017, no. 79. pp. 22-27.
2. Balabanov V.B., Romanovskaya A.V., Kliment'eva I.M. Polimerno-bitumnye vyazhushchie, plastificirovannye otrabotannymi avtomobil'nymi maslami [Polymer-bitumen binders, plasticized with used automotive oils]. *Vestnik IrGTU*, 2013, no. 6 (77), pp.72-76.
3. Khedr K.H., El-Shafie A.E., Abdel-Wahab M.S. Polymer-modified asphalt binders: A review of their properties and applications in pavement engineering. *Construction and Building Materials*, 2007, no. 21 (1), pp. 66-72.
4. Pokrovskij A.V. Kratkij obzor opyta primeneniya lityh polimerasfal'tobetonov na iskusstvennyh sooruzheniyah v severo-zapadnom regione RF [A brief review of the experience of using cast polymer asphalt concrete on artificial structures in the northwestern region of the Russian Federation]. *Internet-zhurnal Naukovedenie*, 2014, no. 5 (24).
5. Ahunova R.R., Biglova R.Z., Cadkin M.A., Talipov R.F., Mustafin A.G. Butadien- α -metilstirol'nyj sopolimer – modifiziruyushchaya dobavka v sostave dorozhnogo bituma [Butadiene- α -methylstyrene copolymer - a modifying additive in the composition of road bitumen] *Vestnik Bashkirskogo universiteta*, 2012, no. 3, pp. 1262-1266.
6. Lebedeva K.YU. Issledovaniya fiziko-mekhanicheskikh harakteristik bitumno-rezinovykh kompozitsionnykh vyazhushchih [Studies of the physical and mechanical characteristics of bitumen-rubber composite binders]. *JSRP*, 2013, no. 2, pp. 148-156.
7. Mullahmetov N.R., Kemalov A.F., Kemalov R.A., Kostromin R.N. Modifikaciya dorozhnyh bitumov kauchukom [Modification of road bitumen with rubber]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2010, no 7, pp. 469 – 470.
8. Doshlov O.I., Speshilov E.G. Polimerno-bitumnoe vyazhushchee – vysokotekhnologichnaya osnova dlya asfal'ta novogo pokoleniya [Polymer-bitumen binder – a high-tech basis for a new generation of asphalt]. *Vestnik IrGTU*, 2013, no 6 (77), pp. 140-144.
9. Gohman, L.M. Perspektivy primeneniya polimerasfal'tobetona [Prospects for the use of polymer asphalt concrete]. *Avtomobil'nye dorogi*, 2021, no 1 (1070), pp. 90-93.
10. Gazizov K.I., Makarov D.B. Polimerasfal'tobetonny s primeneniem neftya-nyh dorozhnyh bitumov, modifizirovannyh smesevymi termoelastoplastami [Polymerasphaltoconcrete using petroleum road bitumen modified with mixed thermoplastic elastomers]. *Polimery v stroitel'stve: nauchnyj internet-zhurnal*, 2017, no 1 (5), pp. 18-25.

11. Shekhovcova S.YU., Vysockaya M.A. Vliyanie uglerodnyh nanotrubok na svojstva PBV i asfal'tobetona [Effect of carbon nanotubes on the properties of PMB and asphalt concrete]. *Vestnik MGSU*, 2015, no. 11, pp. 110-119.
12. Hafizov E.R., Fomin A.YU. Primenenie polimerasfal'tobetonnyh pokrytij na avtomobil'nyh dorogah Respubliki Tatarstan [The use of polymer-asphalt-concrete pavements on the roads of the Republic of Tatarstan]. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta*, 2015, no 4 (34), pp. 312-316.
13. Kamal M.A., Hossain A.M., Karim M.R. Polymer-modified asphalt binder and its effect on mixture properties, *Polymers*, 2023, no 15 (3), pp. 749; <https://doi.org/10.3390/polym15030749>
14. Wang F., Li X., Zhang Y. Effect of polymer modification on the performance of asphalt concrete. *Magazine of Civil Engineering*, 2019, no 7 (91), pp. 98-111.
15. Chong J.R., Lee K.W. Evaluation of polymer-modified asphalt mixtures with recycled materials. *Civil engineering applications*, 2021, pp. 297-481, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820685-0.00015-6>.

Об авторах

Шестаков Николай Игоревич (Москва, Российская Федерация) – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Градостроительство» Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ) (Российская Федерация, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, e-mail: SHestakovNI@mgsu.ru).

Черес Константин Львович (Самара, Российская Федерация) – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАЕН, профессор кафедры химической технологии и промышленной экологии Самарского государственного технического университета (СамГТУ) (Российская Федерация, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244).

Розина Виктория Евгеньевна (Иркутск, Российская Федерация) – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Строительное производство» Иркутского национального исследовательского технического университета (Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83).

Комаров Андрей Константинович (Иркутск, Российская Федерация) – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Строительное производство» Иркутского национального исследовательского технического университета (Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83).

About the authors

Nikolay I. Shestakov (Moscow, Russian Federation) – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Urban Planning of the National Research Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavl'skoe Highway, Moscow, 129337, Russian Federation, e-mail: SHestakovNI@mgsu.ru).

Konstantin L. Chertes (Samara, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Chemical Technology and Industrial Ecology of Samara State Technical University (244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation).

Victoria E. Rosina (Irkutsk, Russian Federation) – Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of "Construction Production" of the Irkutsk National Research Technical University (83, Lermontova str., Irkutsk, 664074, Russian Federation).

Andrey K. Komarov (Irkutsk, Russian Federation) – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Construction Production" of Irkutsk National Research Technical University (83, Lermontova str., Irkutsk, 664074, Russian Federation).

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Вклад авторов равноценен.

Поступила: 01.06.2023

Одобрена: 15.06.2023

Принята к публикации: 22.06.2023

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Оценка возможности применения альтернативных компонентов полимерасфальтобетона / Н.И. Шестаков, К.Л. Черес, В.Е. Розина, А.К. Комаров // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2023. – № 3. – С. 42–49. DOI: 10.15593/24111678/2023.03.04

Please cite this article in English as: SHestakov N.I., Chertes K.L., Rozina V.E., Komarov A.K. The possibility of using alternative components of polymer asphalt concrete. *Transport. Transport facilities. Ecology*, 2023, no. 3, pp. 42-49. DOI: 10.15593/24111678/2023.03.04